PENGARUH PEMAKAIAN MUTU BETON DAN BAJA TERHADAP EFISIENSI BIAYA KOMPONEN STRUKTUR BETON BERTULANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG RUKO DI KOTA PEKANBARU

Oleh
Rony Ardiansyah
Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

Abstrak

Pemakaian mutu beton (concrete) dan baja (steel) adalah aspek yang sangat penting untuk menentukan besarnya efisiensi biaya komponen struktur beton bertulang, disamping mutu beton dan baja besarnya efisiensi biaya komponen struktur ruko juga dipengaruhi oleh pemakaian ukuran diameter tulangan baja, harga baja, jumlah pintu pada blok ruko dan sebagainya Metode analisis biaya (cost analysis method) dengan "regresi dan korelasi", dipergunakan untuk memprediksi besarnya efisiensi biaya komponen struktur bangunan ruko yang minimun, dan mutu beton, baja, serta diameter tulangan yang optimum pada komponen beton bertulang struktur ruko dikota Pekanbaru dan sekitarnya. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi maksimum biaya komponen struktur beton bertulang untuk komponen struktur unsur tekan akan bertambah (maksimal sebesar 2,2% untuk peningkatan setiap 1 Mpa) besar seiring dengan peningkatan mutu beton sampai dibatasi oleh luas tulangan minimum komponen struktur. Lain halnya yang terjadi pada komponen struktur unsur tarik, efisiensi biaya malahan semakin kecil seiring dengan peningkatan mutu beton. Efisiensi biaya komponen unsur tekan sebesar 42,4% terjadi pada mutu beton K-400, sedangkan pada struktur unsur tarik sebesar 9,743% terjadi pada K-225. Begitu sebaliknya efisiensi biaya komponen struktur beton bertulang maksimum unsur tarik sebesar 39,24%, lebih besar pada komponen struktur unsur tekan sebesar 21,36%, akibat peningkatan mutu baja. Pengaruh lonjatan harga baja ternyata tidak begitu besar mempengaruhi penambahan efisiensi biaya komponen struktur, dari hasil analisis dapat diprediksi penambahan efisiensi biaya sebesar 0,071% akibat pengaruh kenaikan 1% harga baja. Tetapi Pemakaian diameter tulangan yang lebih kecil bisa mendapatkan efisiensi biaya komponen struktur beton bertulang yang cukup besar, hasil penelitian dari pemakaian diameter 16 mm dirubah menjadi 13 mm pada komponen struktur balok bisa mendapatkan efisiensi biaya beton bertulang sebesar 5,879%.

Kata Kunci: Efisiensi, Biaya, Optimum, Mutu, Beton, Baja

Abstraction

Usage quality of concrete (steel and concrete) (steel) [is] very important aspect to determine the level of efficiency of[is expense of reinforced concrete structure component, beside quality of steel and concrete of[is level of efficiency of[is expense of ruko structure component [is] also influenced by usage [of] steel bone diameter size measure, steel price, amount of door [at] ruko block etcetera Method cost analysis (method analysis cost) with " correlation and regresi", utilized for the memprediksi of the level of efficiency of[is expense of ruko building structure component which [is] minimun, and concrete quality, steel, and also optimum bone diameter [at] Pekanbaru town ruko structure reinforced concrete component and its surroundings. Result of research show maximum efficiency [is] expense of reinforced concrete structure component for the component of element structure depress will increase (maximal equal to 2,2% for the improvement of each;every 1 Mpa) big along with make-up of quality of concrete limited by wide [of] structure component minimum bone. Other the things of that happened [at] interesting element structure component, efficiency of[is expense of malahan smaller along with make-up of quality of concrete. Efficiency of[is expense of element component depress equal to 42,4% happened [at] quality of K-400 concrete, while [at] interesting element structure equal to 9,743%

happened [at] K-225. So on the contrary efficiency of[is expense of maximum reinforced concrete structure component [of] interesting element equal to 39,24%, bigger [at] element structure component depress equal to 21,36%, effect of make-up of quality of steel. Lonjatan price influence become militant in the reality [do] not be big to so influence addition [of] efficiency of[is expense of structure component, from result of analysis earn diprediksi addition [of] efficiency of[is expense of equal to 0,071% effect of increase influence 1% steel price. But Usage [of] smaller bone diameter can get efficiency of[is expense of big enough reinforced concrete structure component, result of research from usage [of] diameter 16 mm altered to become 13 mm [at] log structure component can get efficiency of[is expense of reinforced concrete equal to 5,879%.

Keyword: Efficiency, Expense Of Is, Optimum, Quality of, Concrete, Steel

I. Pendahuluan

Hampir 60% meterial yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi di Indonesia adalah beton (*concrete*), pada umumnya dipadu dengan baja (*composite*) atau jenis lainnya (Mulyono, 2004: 135), tidak terkecuali dengan kota Pekanbaru, ibukonta Propinsi Riau. Kota besar Pekanbaru yang juga dikenal dengan julukan sebagai kota ”Seribu Ruko” (Rumah Toko) adalah salah satu dari sepuluh kota yang paling diminati di Indonesia (Gambar peta kota Pekanbaru dapat dilihat dalam Lampiran A). Dari keseluruhan ruko yang ada di kota ini tidak satupun ruko yang dibangun dengan jenis konstruksi selain mempergunakan konstruksi beton bertulang. Dengan penggunaan jenis konstruksi beton bertulang ini, secara otomatis akan meningkatkan pemakaian tulangan baja.

Lonjakan harga baja akhir-akhir ini akan membawa pengaruh terhadap pembangunan sektor konstruksi, seperti yang diutarakan oleh Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah (Menkimpraswil) Soenarno bahwa kenaikan bahan baku baja sampai dengan 80% di dalam negeri akan mempengaruhi pembangunan sektor konstruksi termasuk sektor perumahan (Riau Pos, 1 April 2004). Mengingat bahwa material konstruksi bukan hanya baja maka kita tidak perlu terlalu cemas terhadap pengaruh kenaikan harga baja tersebut selama harga material konstruksi lainnya masih tetap stabil.

Berdasarkan hasil pengamatan di pasaran kota Pekanbaru dan sekitarnya, lonjakan harga baja ini tidak disertai dengan kenaikan harga komponen sektor konstruksi lainnya yang cukup berarti. Untuk mengurangi kecemasan pelaku konstruksi dan masyarakat umum, selaku menkimpraswil, Soenarno menyatakan bahwa, ”Perlu diingat kenaikan harga baja itu tidak akan terlalu besar pengaruhnya mengingat komponen dari sektor konstruksi tidak hanya baja, tetapi juga harus diperhitungkan bahan baku lainnya”. Dia mencontohkan kenaikan harga seng dan bahan baku lainnya yang tidak seiring dengan kenaikan harga baja. Peristiwa kenaikan harga baja yang tidak disertai kenaikan komponen sektor konstruksi lainnya tersebut diatas, akan sangat mempengaruhi efisiensi biaya struktur, akibat pemakaian mutu beton maupun baja.

Beton bertulang adalah bahan yang sangat luas digunakan untuk sistem-sistem konstruksi. Beton sangat kuat terhadap tekan, kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10% sampai 15% dari kekuatan tariknya (Ferquson, 1986:11), sebaliknya tulangan yang langsing lemah terhadap tekan, tetapi kuat untuk menahan gaya tarik. Kombinasi sifat kedua bahan ini sangat baik untuk memikul beban-beban yang bekerja. Dengan menaikkan mutu beton pada perencanaan struktur bangunan gedung, terutama pada komponen-komponen struktur berunsur tekan, akan dapat mengurangi pemakaian tulangan baja dalam jumlah besar seperti pada struktur kolom dengan gaya eksentrisitas kecil, efisiensi pemakaian tulangan baja akan menjadi lebih besar.

Harga material beton cor di kota Pekanbaru relatif murah bila dibandingkan dengan harga tulangan baja yang sangat mahal sebagai unsur biaya total beton bertulang. Dengan adanya lonjakan harga tulangan baja akhir-akhir ini, upaya meningkatkan efisiensi pemakaian tulangan baja pada berbagai tipe bangunan ruko perlu dilakukan salah satu upaya adalah dengan meningkatkan perencanaan mutu beton dan baja. Untuk keperluan itu, maka perlu dilakukan

suatu studi tentang pengaruh pemakaian mutu beton dan baja terhadap efisiensi biaya komponen struktur bangunan ruko kota Pekanbaru.

II. Rumusan Masalah

Bedasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan, antara lain sebagai berikut ini. Sampai seberapa besar efisiensi biaya dapat dicapai dengan peningkatan mutu beton terhadap komponen-komponen struktur bangunan ruko tersebut ? Sampai seberapa besar efisiensi biaya dapat dicapai dengan peningkatan mutu baja terhadap komponen-komponen struktur bangunan ruko ? Sampai seberapa jauh pengaruh lonjatan harga baja terhadap efisiensi biaya komponen struktur ruko ? Sampai seberapa jauh pengaruh diameter dan mutu tulangan baja terhadap efisiensi komponen struktur bangunan ruko ? Sampai seberapa jauh perbedaan efisiensi biaya antara komponen struktur unsur tarik dengan komponen struktur unsur tekan? Kalau dikehendaki memakai satu jenis mutu beton atau baja, mutu manakah yang paling optimum?

III. Landasan Teori

Ekonomi konstruksi (*construction economy*) adalah upaya-upaya yang dilakukan dalam proses pra konstruksi maupun masa konstruksi dengan tujuan menekan biaya konstruksi (*cost estimate*). Penerapan *construction economy* ada dua versi, yang masing-masing mempunyai tujuan sendiri-sendiri, yaitu versi Owner dan versi kontraktor (Asiyanto,2003:46). Pemakaian mutu beton dan baja terhadap efisiensi biaya komponen struktur beton bertulang, dapat dikategorikan dalam versi Owner. Yang dimaksud dengan versi Owner adalah untuk menekan biaya investasi yaitu dengan sasaran menurunkan nilai kontrak proyek, agar kondisi proyek menjadi layak atau lebih layak lagi. Sedangkan versi kontraktor berbeda sekali, yaitu dengan sasaran mengendalikan pembiayaan, agar dapat memperoleh laba yang direncanakan dan menghindari resiko kerugian.

Dalam menganalisis efisiensi biaya komponen struktur, mau tak mau harus melalui tahap analisis struktur. Menyiapkan data-data untuk mendapatkan saran-saran dalam pemilihan alternatif yang akan ditinjau. Pada tahap ini harus dilakukan perhitungan secara detail, sehingga akan didapatkan gambaran secara jelas. Perhitungan teknis dilakukan dengan bantuan *soft ware* yang dikenal dengan program *SAP 2000*, berguna untuk menghitung analisis dari struktur bangunan ruko. Program SAP 2000 versi 7.42 disamping mempunyai kecepatan dan ketelitian kerja yang tinggi, juga sangat tepat dipakai untuk menganalisis berbagai model struktur, khususnya elemen frame, baik untuk dua dimensi (*2D*) maupun tiga dimensi (*3D*). Menurut (Wigroho, 2001:1), *SAP 2000* merupakan program versi terakhir yang paling lengkap dari seri-seri program analisis *SAP*, baik *SAP 80* maupun *SAP 90*. Keunggulan program *SAP 2000* antara lain ditunjukkan dengan adanya fasilitas untuk desain elemen, baik untuk material baja maupun beton. Di samping itu juga adanya fasilitas disain baja dengan mengoptimalkan penampang profil yang paling optimal atau ekonomis.

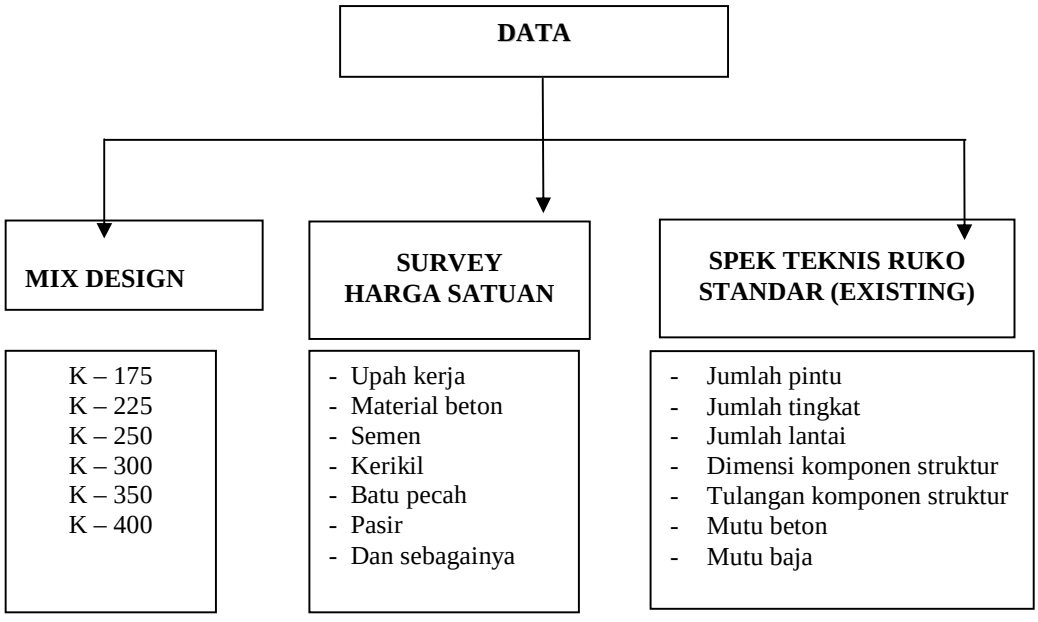
Analisis regresi meliputi beberapa pola persamaan regresi dan uraian tentang regresi linear. Persoalan yang menyangkut dan sekelompok peubah (variabel) seringkali dijumpai dalam praktek bila diketahui bahwa diantara peubah tersebut terdapat suatu bangunan alamiah. Hubungan antara variabel-variabel yang dicocokkan pada data percobaan ditandai dengan persamaan prediksi disebut ”persamaan regresi”(Walpole, 1995:404). Analisis korelasi digunakan untuk mengukur eratnya hubungan antara dua variabel dengan menggunakan suatu bilangan yang disebut ”koefisien korelasi” (Wapole, 1995:443). Pada penelitian untuk menyelidiki sejauh mana pengaruh peningkatan mutu beton terhadap suatu komponen struktur bangunan agar mendapatkan pemakaian tulangan baja yang seefisien mungkin, mutu beton disebut sebagai variabel bebas dan efisiensi tulangan baja disebut sebagai variabel tak bebas.

IV. Metode Penelitian

4.1 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan dua metode yaitu metode *random* dan *non random* dengan uraian sebagai berikut. Pengambilan data *mix design* dilakukan dengan secara acak (*simple random sampling)*, yaitu pengambilan dilakukan secara acak tanpa strata dan memberikan peluang yang sama pada setiap unsur (elemen) populasi. Teknik ini dipilih berdasarkan asumsi bahwa metode yang dipergunakan pada laborotorium formal bersifat standar atau homogen. Pemilihan jenis atau tipe struktur ruko yang dipakai dalam penelitian dilakukan secara non-acak (*purvosif sampling*), yaitu pengambilan sampel secara sengaja dalam hal ini harus mengetahui apa kriteria dari sampel yang dipilih.
Cara mendapatkan data primer dan data sekunder adalah sebagai berikut. Data primer, diperoleh dengan metode penelitian/pengamatan langsung yaitu langsung survey ke lapangan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan seperti mengambil dokumentasi struktur ruko (*existing*), mengukur dimensi komponen dan tulangan struktur ruko yang sedang dalam tahap pembangunan. Selain itu juga dilakukan wawancara kepada pihak terkait sebagai masukan data lanjutan. Data sekunder, data – data seperti *mix design* diperoleh dari laboratorium teknologi beton dari Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Riau (UIR) Pekanbaru.

Data-data primer maupun sekunder seperti *mix design*, survey harga satuan dan spesifikasi teknis yang dapat dipergunakan dalam penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Data Penelitian

4.2 Cara Analisis

Untuk menganalisis harga satu kubik beton bertulang berbagai komponen struktur bangunan dengan berbagai mutu beton, dihitung berdasarkan koefisien BOW dan dari data *mix design*. Nilai besi per meter kubik beton bisa dirubah besarnya menjadi 2 sampai 2,5 atau lebih nilai berat besi BOW, atau disesuaikan dengan jumlah tulangan yang ada. Data analisis struktur ruko berupa luas tualangan untuk berbagai jenis komponen struktur diperoleh dari hasil analisis dengan mempergunakan program *SAP 2000* versi 7.42, dengan elemen frame 3 (tiga) dimensi. Analisis optimalisasi untuk mencari hubungan antara peningkatan mutu beton terhadap efisiensi jumlah tulangan maupun biaya komponen struktur bangunan, dipergunakan analisis regresi dan Korelasi. Interprestasi terhadap korelasi secara kasar atau sederhana dilakukan dengan mempergunakan pedoman pada tabel interpretasi koefisien *product moment.* Analisis regresi dan korelasi dipakai untuk mencari hubungan antara peningkatan mutu beton terhadap efisiensi jumlah tulangan maupun biaya komponen struktur bangunan. Teknik korelasi yang dipergunakan berhubungan dengan penelitian ini adalah korelasi "*product moment*". Koefisien korelasi *product moment*, diperoleh dengan merumuskan hipotesa alternatif (H_a) dan hipotesa nihil (H_0), dimana H_a dan $H_{0.}$

V. Hasil dan Pembahasan

Komposisi campuran dari material-material tersebut diatas untuk satu meter kubik beton cor dapat dilihat dalam Tabel 5.1

Tabel 5.1 Komposisi Campuran untuk 1 m^3 Beton

Mutu Beton	Semen (Zak)	Agg. Halus (m^3)	Agg. Kasar (m^3)	Admixture (kg)	Keterangan
K- 175	6.16	0.583	0.749	2.43	Konversi ke Volume m^3
K- 225	6.84	0.545	0.761	2.74	$\text{Volume} = \frac{\text{Berat}}{\gamma \text{ Lepas}}$
K- 250	7.06	0.531	0.767	2.82	
K- 300	7.74	0.496	0.778	3.10	
K- 350	8.54	0.460	0.785	3.42	
K- 400	9.12	0.429	0.794	3.65	γ Aggregat kasar = 1.35
K- 175	6.16	0.583	0.749	2.43	γ Aggregat halus = 1.42

Sumber : Laboratorium Konstruksi Beton Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

Untuk kota Pekanbaru dari hasil analisis diperoleh harga satuan beton cor yang dipakai dalam analisis ini seperti yang tercantum dalam Tabel 5.2

Tabel 5.2 Daftar Harga Satuan Per Meter Kubik Beton Cor

Mutu Beton	Harga Satuan Bahan (Rp) (1)	Harga Satuan Upah (Rp) (2)	Harga/m3 (Rp) (3)=(2)+(1)

K – 175	Rp246,266	Rp 180,245	Rp 426,511
K – 225	Rp247,287	Rp 180,245	Rp 427,532
K – 250	Rp251,749	Rp 180,245	Rp 431,994
K – 300	Rp261,722	Rp 180,245	Rp 441,967
K – 350	Rp270,184	Rp 180,245	Rp 450,429
K – 400	Rp279,427	Rp 180,245	Rp 459,672

Daftar harga satuan hasil analisis dapat dilihat dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Harga Satuan Komponen-Komponen Beton Bertulang

No	Meterial + Upah	H. Satuan (Rp)	Satuan
1	baja tulangan *U*-24	10,643.94	per 1 kg
2	baja tulangan *U*-32	14,222.51	per 1 kg
3	baja tulangan *U*-39	15,082.89	per 1 kg
4	begisting per m^3 beton	723,110.00	per 10 m^2

Hasil analisis *SAP 2000* berupa momen, gaya geser dan gaya normal dibutuhkan seperti yang tercantum dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Daftar Gaya Dalam dan Hasil *SAP 2000*

No	Jenis Frame	Komponen Struktur	Lantai	Dimensi (mm)		Momen (ton.m)	Geser (ton)	Normal (ton)
				Lebar	Tinggi			
1	Balok	Balok Utama	2	250	450	7.466373	-5.333	
2		Balok dag	3	250	450	6.913995	3.552	
3	Kolom	Kolom tengah	1	250	450	0.025336		-53.6757
4		Kolom tepi	1	250	450	-2.40683		-84.7671
5		Kolom tengah	2	250	450	0.101313		-32.7918
6		Kolom tepi	2	250	450	3.094312		-51.5572
7		Kolom tengah	3	250	450	0.009029		-12.1528
8		Kolom tepi	3	250	450	-3.38453		-20.0508

Analisis efisiensi biaya komponen struktur balok dapat dibagi atas efisiensi biaya beton dan efisiensi biaya baja per m^3 beton bertulang seperti yang diuraikan pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25 Analisis Efisiensi Biaya 1 m^3 Beton pada Balok

Mutu Beton	*U*24		*U*-32		*U*-39	
	Harga satuan/m^3 x1000 (Rp)	Efisiensi (*Ek*)	Harga satuan/m^3 x1000 (Rp)	Efisiensi (*Ek*)	Harga satuan/m^3 x1000 (Rp)	Efisiensi (*Ek*)
Balok Lantai						
K-175	3,103.56		2,659.11		2,707.18	0.000%
K-225	3,118.32	-0.476%	2,673.87	-0.555%	2,721.94	-0.545%
K-250	3,135.13	-1.017%	2,690.67	-1.187%	2,738.75	-1.166%
K-300	3,146.24	-1.375%	2,701.78	-1.605%	2,749.85	-1.576%
K-350	3,134.16	-0.986%	2,689.71	-1.151%	2,737.78	-1.130%
K-400	3,173.41	-2.250%	2,728.95	-2.627%	2,777.02	-2.580%
Balok Dag						
K-175	3,149,699.89		2,915,997.13		2,972,231.74	0.000%
K-225	3,164,462.44	-0.469%	2,930,759.67	-0.506%	2,682,649.48	9.743%
K-250	3,181,268.46	-1.002%	2,947,565.70	-1.083%	2,699,455.50	9.177%
K-300	3,192,375.46	-1.355%	2,958,672.70	-1.463%	2,710,562.50	8.804%
K-350	3,180,303.41	-0.972%	2,946,600.64	-1.050%	2,698,490.45	9.210%

K-400	3,219,544.36	-2.217%	2,985,841.59	-2.395%	2,737,731.39	7.890%

Efisiensi peningkatan penggunaan mutu baja dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut ini.

Tabel 5.26 Efisiensi dengan Peningkatan Mutu Baja

Mutu Beton	*U*24		*U*-32		*U*-39	
	Harga satuan/m^3 x1000 (Rp)	Efisiensi (*Ek*)	Harga satuan/m^3 x1000 (Rp)	Efisiensi (*Ek*)	Harga satuan/m^3 x1000 (Rp)	Efisiensi (*Ek*)
K-175	3,103.56	0.00%	2,659.11	14.32%	2,707.18	12.77%
K-225	3,118.32	0.00%	2,673.87	14.25%	2,721.94	12.71%
K-250	3,135.13	0.00%	2,690.67	14.18%	2,738.75	12.64%
K-300	3,146.24	0.00%	2,701.78	14.13%	2,749.85	12.60%
K-350	3,134.16	0.00%	2,689.71	14.18%	2,737.78	12.65%
K-400	3,173.41	0.00%	2,728.95	14.01%	2,777.02	12.49%

Analisis efisiensi biaya 1 m^3 beton bertulang terhadap peningkatan mutu beton pada pelat lantai dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 5.33 Efisiensi dengan Peningkatan Mutu Beton

Mutu Beton (1)	*U*24		*U*-32		*U*-39	
	Harga satuan/m^3 x1000 (Rp) (2)	Efisiensi *(Ek)* (3)	Harga satuan/m^3 x1000 (Rp) (4)	Efisiensi *(Ek)* (3)	Harga satuan/m^3 x1000 (Rp) (2)	Efisiensi *(Ek)* (3)
Pelat lantai arah-x						
K-175	1,804.14		1,639.32		1,591.39	0.000%
K-225	1,818.90	-0.818%	1,654.08	-0.901%	1,606.15	-0.928%
K-250	1,835.70	-1.750%	1,670.89	-1.926%	1,622.96	-1.984%
K-300	1,846.81	-2.365%	1,682.00	-2.603%	1,634.06	-2.682%
K-350	1,834.74	-1.696%	1,669.93	-1.867%	1,621.99	-1.923%
K-400	1,873.98	-3.871%	1,709.17	-4.261%	1,661.23	-4.389%
Pelat lantai arah-y						
K-175	538.34		431.51		381.62	0.000%
K-225	538.34	0.000%	431.51	0.000%	381.62	0.000%
K-250	538.34	0.000%	431.51	0.000%	381.62	0.000%
K-300	538.34	0.000%	431.51	0.000%	381.62	0.000%
K-350	538.34	0.000%	431.51	0.000%	381.62	0.000%
K-400	538.34	0.000%	431.51	0.000%	381.62	0.000%

Tabel 5.34 Efisiensi dengan Peningkatan Mutu Baja

Mutu Beton (1)	*U*24		*U*-32		*U*-39	
	Harga satuan/m^3 x1000 (Rp) (2)	Efisiensi *(Ek)* (3)	Harga satuan/m^3 x1000 (Rp) (4)	Efisiensi *(Ek)* (3)	Harga satuan/m^3 x1000 (Rp) (2)	Efisiensi *(Ek)* (3)
Pelat lantai arah-x						
K-175	1,804.14	0.00%	1,639.32	9.14%	1,591.39	11.79%
K-225	1,818.90	0.00%	1,654.08	9.06%	1,606.15	11.70%
K-250	1,835.70	0.00%	1,670.89	8.98%	1,622.96	11.59%
K-300	1,846.81	0.00%	1,682.00	8.92%	1,634.06	11.52%
K-350	1,834.74	0.00%	1,669.93	8.98%	1,621.99	11.60%

K-400	1,873.98	0.00%	1,709.17	8.79%	1,661.23	11.35%
Pelat lantai arah-y						
K-175	538.34	0.00%	431.51	19.84%	381.62	29.11%
K-225	538.34	0.00%	431.51	19.84%	381.62	29.11%

Tabel 5. 34 Lanjutan

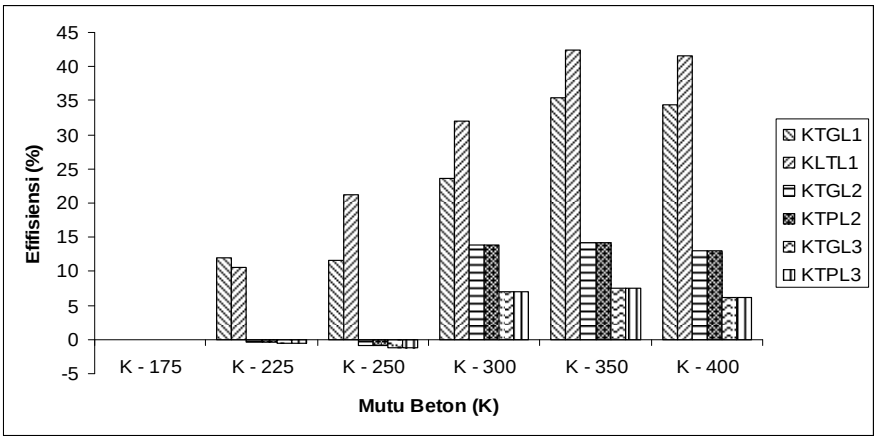
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
K-250	538.34	0.00%	431.51	19.84%	381.62	29.11%
K-300	538.34	0.00%	431.51	19.84%	381.62	29.11%
K-350	538.34	0.00%	431.51	19.84%	381.62	29.11%
K-400	538.34	0.00%	431.51	19.84%	381.62	29.11%

Besarnya pengaruh peningkatan mutu beton terhadap efisiensi biaya pada komponen struktur yang berunsur tekan dapat dilihat pada Tabel 5.43.

Tabel 5.5 Pengaruh Peningkatan Mutu Beton terhadap Efisiensi Biaya pada Komponen Stuktur Berunsur Tekan

Jenis Komponen Struktur	Efisiensi Biaya (%)					
	K-175	*K*-225	*K*-250	*K*-300	*K*-350	*K*-400
Kolom tengah Lantai. 1	0	11.92843	11.54148	23.55407	35.33359	34.43008
KolomTepi Lantai. 1	0	10.62493	21.20795	31.90785	42.40013	41.59536
Kolom tengah Lantai. 2	0	-0.45392	-0.97067	13.86546	14.23665	13.03008
KolomTepi Lantai. 2	0	-0.45392	-0.97067	13.86546	14.23665	13.03008
Kolom tengah Lantai. 3	0	-0.54665	-1.16897	7.053466	7.500489	6.047415
KolomTepi Lantai. 3	0	-0.54665	-1.16897	7.053466	7.500489	6.047415

Dari Tabel 5.43 dapat dilihat peningkaran mutu beton pada komponen struktur berunsur tekan yaitu balok dapat meningkatkan efisiensi biaya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Pengaruh Peningkatan Mutu Beton terhadap Efisiensi Biaya pada Komponen Stuktur Berunsur Tekan

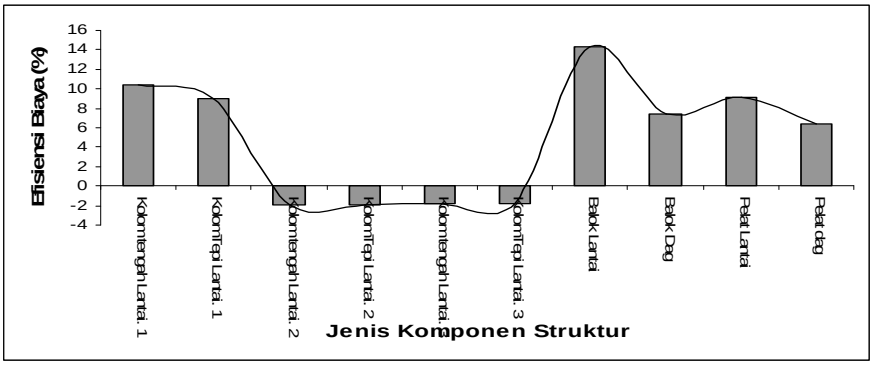
. Berikut ini dianalisis pengaruh peningkatan mutu tulangan baja pada beton *K*-175 dan *U*-24

Tabel 5.6 Pengaruh Peningkatan Mutu Baja terhadap Efisiensi

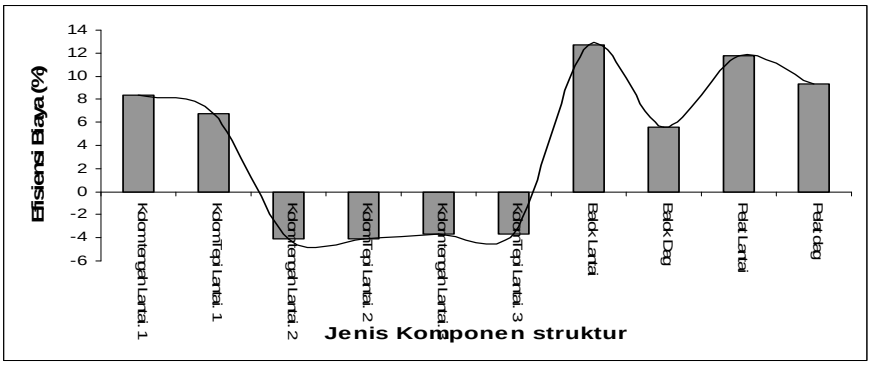
No.	Jenis Komponen Struktur	Efisiensi (%)	
		U-32	*U*-39
1	Kolom tengah lantai 1	10.39246	8.383789
2	Kolom tepi lantai 1	8.922628	6.775625
3	Kolom tengah lantai 2	-1.98035	-4.10088
4	Kolom tepi lantai 2	-1.98035	-4.10088

5	Kolom tengah lantai 3	-1.76017	-3.64495
6	Kolom tepi lantai 3	-1.76017	-3.64495
7	Balok lantai	14.32083	12.77189
8	Balok dag	7.419842	5.634446
9	Pelat lantai	9.135314	11.79221
10	Pelat dag	6.341744	9.303607

Berdasarkan Tabel 5.44 dapat diketahui bahwa peningkatan mutu tulangan baja dapat meningkatkan efisiensi biaya komponen struktur pada komponen struktur yang berunsur tarik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7.

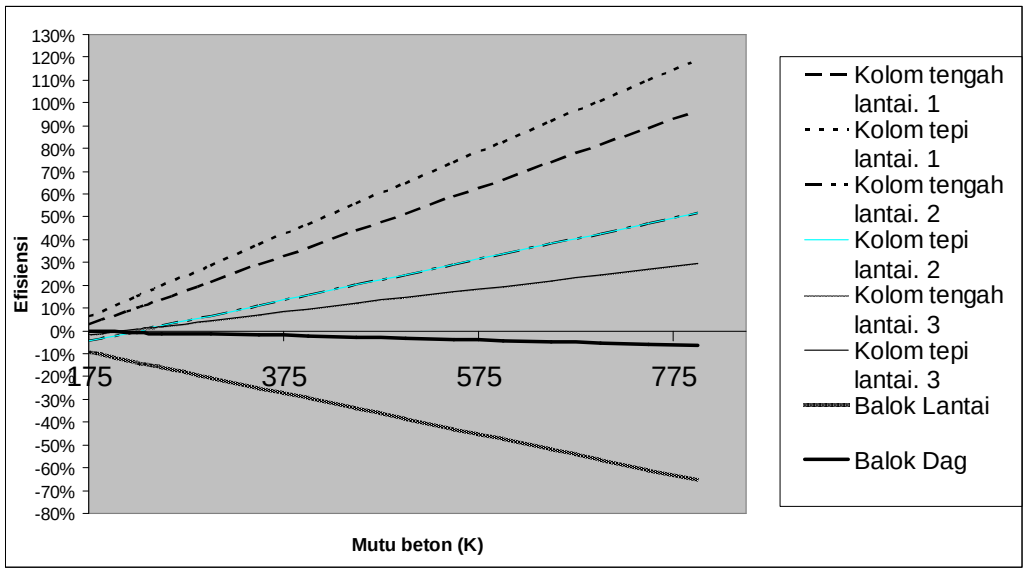


Gambar 5.6 Pengaruh Peningkatan Mutu Baja dari *U*-24 ke *U*-32 terhadap Efisiensi Biaya



Gambar 5.7 Pengaruh Peningkatan Mutu Baja dari *U*-24 ke *U*-39 terhadap Efisiensi Biaya

Untuk memprediksi hubungan mutu beton dengan efisiensi biaya diluar enam mutu beton yang dipergunakan, digunakan grafik persamaan regresi linear sederhana. Regresi linear untuk masing-masing komponen struktur yang dimabil dari persamaan regresi pada tabel 5.38, grafik hasil regresi dapat dilihat pada Gambar 5.8 .

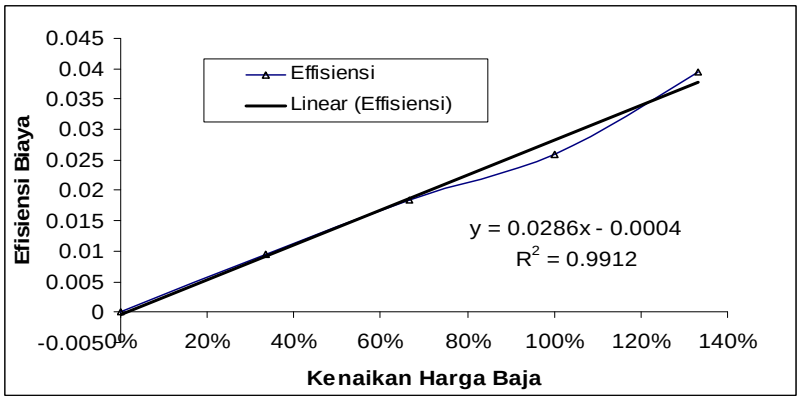


Gambar 5.8 Grafik Persamaan Garis Hasil Korelasi Komponen Struktur

Beberapa hal yang berkaitan dengan persamaan garis regresi ini dapat dijelaskan antara lain, sebagai berikut ini.

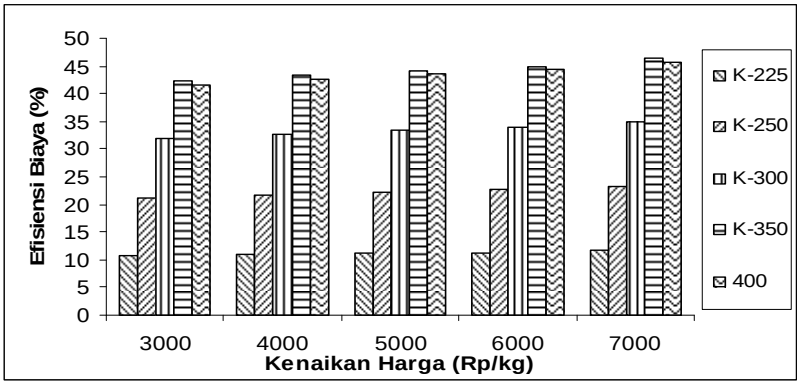
1. Persamaan garis regresi untuk komponen struktur unsur tekan adalah positif, artinya semakin besar peningkatan mutu beton maka efisiensi biayapun akan semakin besar. Efisiensi biaya terbesar untuk kolom seharusnya terjadi pada mutu beton *K*-400, karena pada mutu beton ini luas tulangan tulangan kolom telah dibatas minimum, yakni 1.230,88 mm^2, dimana luas tulangan minimumnya adalah 1.000 mm^2(dapat dilihat pada Lampiran G.23).
2. Berbeda halnya dengan komponen struktur unsur tekan, komponen struktur unsur tarik mempunyai persamaan garis regresi yang negatif, artinya semakin besar peningkatan mutu beton maka efisensi biaya akan semakin kecil. Efisiensi biaya komponen struktur unsur tarik pada umumnya terjadi pada mutu beton yang rendah yaitu mutu beton *K*-175, karena pada komponen struktur unsur tarik seperti balok dan pelat, penambahan biaya akibat peningkatan mutu beton selalu lebih besar dibandingkan pengurangan biaya yang disebabkan oleh pengurangan tulangan baja.

Pengaruh kenaikan 1 % harga baja hanya terjadi efisiensi biaya struktur sebesar 0,071%, hal ini dapat dilihat pada grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 5.12 dengan persamaan garis linear adalah Y= 0,02286x - 0,0004 dengan R^2=0,9912



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Kenaikan Harga Baja terhadap Besarnya Efisiensi

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.13



Gambar 5.13 Pengaruh Kenaikan Harga Tulangan Baja terhadap Efisiensi Biaya

VI. kesimpulan

Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemakaian mutu beton dan baja terhadap efisiensi biaya komponen struktur beton bertulang, untuk bangunan ruko di kota Pekanbaru dan sekitarnya ini. Dari blok ruko tiga pintu berlantai tiga yang dianalisis, dapat disimpulkan antara lain sebagai berikut ini.

1. Efisiensi biaya komponen struktur unsur tekan akibat peningkatan mutu beton, lebih besar dibandingkan komponen struktur unsur tarik. Efisiensi biaya maksimum pada komponen struktur unsur tekan didapat pada mutu beton yang tinggi (efisiensi biaya maksimum sebesar 42,4% terjadi pada kolom tepi lantai satu dengan mutu baja *U*-24 dan mutu beton *K*-350). Sedangkan pada komponen struktur unsur tarik didapat pada mutu beton yang rendah (efisiensi maksimum sebesar 9,743% terjadi pada balok lantai mutu baja *U*-39 dan mutu beton *K*-225).
2. Efisiensi biaya komponen struktur ’unsur tekan’ beton bertulang maksimum akibat peningkatan setiap 1 Mpa mutu beton, adalah sebesar 2,2 %.
3. Efisiensi biaya komponen struktur unsur tarik akibat peningkatan mutu baja, lebih besar dibandingkan komponen struktur unsur tekan. Efisiensi biaya maksimum pada komponen struktur unsur tarik didapat pada mutu baja yang tinggi (efisiensi biaya maksimum sebesar 39,24% terjadi pada pelat dag dengan mutu baja *U*-39 dan pada semua mutu beton *K*-175 s/d *K*- 400). Sedangkan pada komponen struktur unsur tekan didapat pada mutu baja tinggi dan mutu beton yang rendah (efisiensi maksimum sebesar 21,36% terjadi pada kolom tepi lantai satu dengan mutu baja *U*-39 dan mutu beton *K*-225).
4. Pengaruh lonjatan harga baja ternyata tidak begitu mempengaruhi penambahan efisiensi biaya komponen struktur, lonjatan harga baja sampai 100% hanya terjadi penambahan efisiensi biaya komponen struktur beton bertulang sebesar 2,6%.
5. Diameter tualangan mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap efisiensi biaya terutama pada komponen struktur unsur tarik, karena apabila memakai diameter tulangan yang besar, penambahan momen nominal pada struktur ini belum cukup untuk mengurangi pemakaian satu batang tulangan baja. Hasil penelitian menunjukkan, tidak terdapatnya efisiensi (efisiensi 0%) pada balok dengan diameter 16 mm, sedangkan dengan menggunakan tulangan berdiameter 13 mm bisa terjadi efisien maksimum sebesar 5,879%.

6. Dengan regresi linear, efisiensi biaya pada kolom mempunyai nilai positif, sedangkan pada balok dan pelat bernilai negatif. Berarti pada komponen struktur unsur tekan akan terjadi efisiensi yang semakin besar sehubungan dengan peningkatan mutu, sebaliknya pada komponen unsur tarik akan terjadi efisiensi biaya yang semakin kecil sehubungan dengan peningkatan mutu beton.
7. Dengan berbagai pertimbangan, kalau dikehendaki pemakaian satu jenis mutu baik mutu beton maupun mutu baja pada berbagai komponen struktur ruko tiga pintu berlantai tiga ini, didapat mutu optimum pada mutu beton *K*-350 dengan total biaya struktur sebesar Rp. 589.625.884,46 untuk mutu baja *U*-24, mutu beton *K*-350 dengan total biaya sebesar Rp. 532.052.421,45untuk mutu baja *U*-32 dan mutu beton *K*-400 dengan total biaya sebesar Rp. 514.257.580,99 untuk mutu baja *U*-39.

VII. Daftar Pustaka

Anonim, 2004, *Harga Satuan Bahan Bangunan dan Upah Kerja Propinsi Riau*, Jurnal Harga Bangunan, Konstruksi Dan Interior, Jakarta, hal.315, Edisi XX, Januari 2004.

Asiyanto, 2003, *Construction Project Cost management*, Cetakan Pertama, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Ferguson, P.M., Budianto Sutanto, dan Kris Setianto, 1986, *Dasar-Dasar Beton Bertulang*, Alih bahasa Budianto Sutanto & Kris Setianto, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.

Riau Pos, 2004, *Lonjakan Harga Baja Pengaruhi Konstruksi*, Riau Pos, Pekanbaru, hal.6, 19 Maret 2004.

Walpole, R.E. dan Raymond H Myers., 1995, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, Terjemahan oleh RK Sembiring, Edisi Keempat, ITB, Bandung.

Wigroho, H.S., 2001, *Analisis Perancangan Struktur Frame menggunakan SAP 2000 versi 7.42*, Edisi pertama, Edisi pertama, ANDI, Yogyakarta.